

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra Elektroenergetiky

Meranie momentovej charakteristiky
asynchrónneho motoru

Measurement of Speed – Torque Characteristic of
Asynchronous motor

2019

Daniel Jašurek

Zadání bakalářské práce

Student: **Daniel Jašurek**

Studijní program: B2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika

Téma: **Měření momentové charakteristiky asynchronního motoru**
Measurement of Speed-Torque Characteristic of Asynchronous Motor

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teoretický rozbor, základní popis asynchronního motoru
3. Analyzujte možnosti měření momentové charakteristiky asynchronního motoru
4. Proveďte měření momentové charakteristiky vybraného asynchronního motoru
5. Vyhodnocení a analýza měření
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- KOPYLOV, Igor, Petrovič. Stavba elektrických strojů, 1988, Praha, SNTL/MIR
- CIGÁNEK, Ladislav. Stavba elektrických strojů, Praha, 1958, SNTL
- KAČOR, Petr. Vybrané typy elektrických strojů, Ostrava, 2010, VŠB-TU Ostrava
- Katalogy a katalogové listy
- Odborné a technické www stránky
- Příspěvky vědeckých konferencí, časopisy
- Technické normy


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Kačor, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



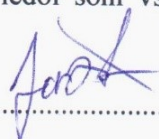

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne. Uviedol som všetky literárne
pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

Dňa: 24.4.2019


.....

Podpis

PodĎakovanie

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce, Ing. Petr Kačor Ph.D., za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a za cenné rady pri spracovaní mojej bakalárskej práce.

Abstrakt

Účelom tejto bakalárskej práce je analyzovať momentovú charakteristiku asynchrónneho motoru akceleračnou metódou, ktorá je výhodnejšia pre meranie motoru za studeného stavu a presného merania. Merané veličiny prúdu a momentu budú zaznamenávané cez meraciu kartu a výsledné charakteristiky budú vykreslené pomocou prostredia programu LabVIEW.

Kľúčové slová

asynchrónny motor, momentová charakteristika, akceleračná metóda,

Abstract

The purpose of this bachelor thesis is to analyze the torque characteristics of an asynchronous motor by an acceleration method, which is more advantageous for cold engine measurement and accurate measurement. The measured current and torque quantities will be recorded through the measurement card and the resulting characteristics will be plotted using the LabVIEW environment.

Keywords

asynchronous motor, torque characteristic, acceleration method

Obsah

| | |
|---|----|
| Zoznam obrázkov | 9 |
| Úvod..... | 10 |
| 1. Význam a použitie asynchrónnych motorov | 11 |
| 2. Konštrukčné prevedenie a obecný princíp asynchrónneho motora | 12 |
| 2.1. Obecný princíp funkcie | 12 |
| 3. Základné údaje asynchrónneho stroja | 16 |
| 4. Funkcie a pracovné stavy asynchrónneho stroja | 16 |
| 5. Moment asynchrónneho motoru..... | 18 |
| 6. Základné merania asynchrónnych motorov | 23 |
| 6.1. Spúšťanie trojfázových asynchrónnych motorov a zmena zmyslu otáčania | 23 |
| 6.1.1. Momentová charakteristika asynchrónneho motoru | 26 |
| 6.1.2. Meranie momentovej charakteristiky pomocou zotrvačníku | 26 |
| 6.1.3. Statická metóda merania | 27 |
| 6.1.4. Dynamická metóda merania | 27 |
| 7. Meranie momentovej charakteristiky akceleračnou metódou..... | 27 |
| 7.1..... | 28 |
| 7.1.1. Meranie za zníženého napätia | 28 |
| 7.1.2. Meranie pomocou prídavných zotrvačníc | 29 |
| 7.2. Zaznamenanie a spracovanie dát..... | 29 |
| 7.3. Popis pracoviska..... | 31 |
| 7.4. Výsledne spracovanie dát..... | 33 |
| Zdroje | 38 |

Zoznam použitých symbolov a skratiek

| | | |
|--------------------|------------------------------|---|
| $\cos\varphi$ | - | účinník |
| C | - | mechanická konštanta |
| f_1 | Hz | frekvencia statoru |
| f_2 | Hz | frekvencia rotoru |
| I | A | záberový prúd |
| I_2 | A | prúd rotoru |
| I_2' | A | prúd rotorového vinutia prepočítaný na stator |
| I_2^2 | A | kvadrát rotorového prúdu |
| I_z | A | záberový prúd pri menovitom napätí |
| J | $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ | celkový moment zotrvačnosti |
| J_{rotor} | $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ | moment zotrvačnosti motoru |
| J_{zotr} | $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ | moment zotrvačnosti prídavných zotrvačníc |
| M | Nm | moment motoru |
| m_1 | - | počet fáz statoru |
| m_2 | - | počet fáz rotoru |
| M_n | Nm | menovitý moment |
| M_z | Nm | záberový moment |
| M_{zvr} | Nm | moment zvratu |
| n | ot/min | otáčky |
| n_s | ot/min | synchronné otáčky |
| P' | W | mechanický výkon |
| P_{el} | W | elektrický výkon |
| P_δ | W | výkon vo vzduchovej medzere |
| R_1 | Ω | odpor statorového vinutia |
| R_2 | Ω | odpor rotoru |

| | | |
|------------------|----------------------------------|--|
| R'_2 | Ω | odpor rotorového vinutia prepočítaný na stator |
| s | - | sklz |
| s_{zvr} | - | sklz zvratu |
| U_1 | V | znížené napätie pri spúšťaní |
| U_{1n} | V | menovité napätie |
| U_2 | V | napätie v rotoru |
| U_i | V | indukované napätie |
| ΔP_{cw2} | W | straty v sekundárnom vinutí |
| \emptyset | Wb | magnetický tok |
| Ω | $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ | mechanická uhlová rýchlosť |
| Ω | $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ | uhlová rýchlosť |
| ω_1 | $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ | uhlová rýchlosť magnetického poľa statoru |
| ε | $\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$ | uhlové zrýchlenie |

Zoznam obrázkov

| | |
|--|----|
| Obr.č. 1 Vinutia rotoru a statoru dvojpolového asynchrónneho motora | 13 |
| Obr.č. 2 Vinutie spojené do hviezdy a trojuholníka | 14 |
| Obr.č. 3 Jednotlivé časti motoru s kotvou nakrátko | 15 |
| Obr.č. 4 Ideálny chod naprázdno | 17 |
| Obr.č. 5 Skutočný chod naprázdno | 17 |
| Obr.č. 6 Priebeh momentovej charakteristiky pre všetky pracovné oblasti asynchrónneho stroja | 21 |
| Obr.č. 7 Priebeh momentu v závislosti na troch rôznych priebehoch zaťažovacích momentov | 21 |
| Obr.č. 8 Tvrdé charakteristiky asynchrónneho motora | 22 |
| Obr.č. 9 Princíp spustenia asynchrónneho motoru prepínaním Y-A..... | 24 |
| Obr.č. 10 Schéma zapojenia asynchrónneho motoru s kotvou vinutou | 25 |
| Obr.č. 11 Momentová charakteristika asynchrónneho motoru | 26 |
| Obr.č. 12 Priebeh prúdu a zderivovaných otáčok v programu LabVIEW | 30 |
| Obr.č. 13 Asynchrónny motor s dynamometrom..... | 31 |
| Obr.č. 14 Dynamometer | 31 |
| Obr.č. 15 Merací a ovládací pult a meracie transformátory prúdu..... | 32 |
| Obr.č. 16 Tachodynamo | 32 |
| Obr.č. 17 Štítok asynchrónneho motora - Siemens | 33 |
| Obr.č. 18 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 100V – motor s chybnou rotorovou tyčou | 34 |
| Obr.č. 19 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 100V – motor bez poruchy | 34 |
| Obr.č. 20 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 150V – motor s chybnou rotorovou tyčou | 35 |
| Obr.č. 21 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 150V – motor bez poruchy | 35 |
| Obr.č. 22 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 100V – otáčky od -500 ot/min | 36 |
| Obr.č. 23 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 100V – motor s chybou – od -500 ot/min | 36 |

Úvod

Náplňou tejto práce je teoretický rozbor a základný popis asynchrónneho motoru. Nasledujúcou úlohou bude analyzovať možnosti merania momentovej charakteristiky asynchrónneho motoru. Pre túto prácu sa budeme konkrétne zaoberať meraním tejto charakteristiky špeciálne akceleračnou metódou, ktorej podstatná výhoda je presné meranie a motor sa meria za studeného stavu. Je to jej veľká výhoda. Meranie sa bude prevádzkovať v stave so zlou rotorovou tyčou a s motorom s dobrou rotorovou tyčou za zníženého napätia.

Meranie bude prevádzkované dvakrát pre dve rôzne napätia pre motor so správnou funkčnosťou a motor s chybnou rotorovou tyčou. Zabezpečovať meranie sa bude prostredníctvom asynchrónneho motoru, dynamometra, kliešťového ampérmetru a voltmetru.

Merané dáta budú zaznamenávané prostredníctvom meracej karty a programu Labview. Dodatočné vyhladzovacie úpravy vykreslených dát sa spracujú v programe Origin Pro.

1. Význam a použitie asynchrónnych motorov

Asynchrónny motor je pre svoju jednoduchosť, nenáročnosť na údržbu, relatívne dobrú prevádzkovú spoľahlivosť a malú zaobstarávaciu cenu najčastejšie používaný. Pochopiteľne prispieva k jeho rozšíreniu všeobecne využívaný rozvod el. energie so striedavými trojfázovými sieťami.

Asynchrónne motory, ktoré sa vyrábajú, majú značný rozsah výkonov, a to už od niekoľko wattov až po niekoľko desiatok MW. Z jeho výkonového rozsahu vychádza aj taktiež jeho použitie pre pohon najrôznejších zariadení, v súčasnosti taktiež takých, ktoré vyžadujú reguláciu rýchlosti. Ako príklad môžeme uviesť stavebné stroje, ventilátory, výtahy, práčky, žeriavy, čerpadlá a aj obrábacie stroje, pohony dopravníkov atď.

K nevýhodám, ktoré sú súčasťou asynchrónnych motorov patrí hlavne odber jalovej energie z napájacej siete, potrebný pre jeho činnosť. Inou nevýhodou týchto motorov spojenou s napájaním je ťažšia regulácia rýchlosti a značný náraz prúdu pri spúšťaní. Zmenou frekvencie je možné tieto motory spúšťať a regulovať plynule bez veľkých prúdových rázov.

Dôvody, prečo sa tieto motory v posledných rokoch stále viac používajú aj u pohonov s premennými otáčkami, kde doteraz prevažovali jednosmerné motory sú ich jednoduchosť a nízka cena asynchrónnych motorov nakrátko a hlavne pokrok v oblasti polovodičovej techniky.

Aplikácia u pohonov elektrických lokomotív je dôkazom použiteľnosti asynchrónnych motorov pre regulované pohony. V regulovaných pohonoch postupne vytláčajú jednosmerné motory. Používajú sa v nižšej miere taktiež asynchrónne generátory napr. pre veterné elektrárne, malé vodné elektrárne a podobne.

Asynchrónny stroj môže pracovať ako motor alebo ako generátor, kde prechod z jedného stavu do druhého je plynulý, z toho vyplýva že tento stroj je vratný, ako každý elektrický stroj. Pre vhodný príklad slúži pohon zdvihu žeriavu, kde pri zdvihu pracuje stroj ako motor, naopak pri spúšťaní prechádza motor do oblasti generátorickej.

Pri asynchrónnych motoroch existuje ešte tretia oblasť, takzvané oblasť indukčnej brzdy. V prípade tejto tretej oblasti sa otáča rotor proti smeru točivého magnetického poľa statoru. Následne stroj vytvára brzdný moment.

Asynchrónne motory delíme podľa účelu na asynchrónne motory nakrátko všeobecného použitia, asynchrónne motory špeciálne, valčekové motory, žeriavové motory a podobne. Najrozšírenejšou sú asynchrónne motory nakrátko pre všeobecné použitie. Toto rozšírenie spôsobilo ich hromadnú, automatizovanú sériovú výrobu. [1]

2. Konštrukčné prevedenie a obecný princíp asynchrónneho motora

2.1. Obecný princíp funkcie

Rotor stroja nie je elektrický spojený so statorom. Používa sa názov indukčný stroj, z dôvodu toho, že sa výkon prenáša do rotoru elektromagnetickou indukciou. Princíp asynchrónneho motora je založený teda na vzájomnom pôsobení elektromagnetického točivého poľa statoru a prúdov vyvolaných v rotorovom vinutí. Aby sme docielili čo najlepšiu magnetickú väzbu, musí byť vzduchová medzera medzi statorom a rotorom čo najmenšia. V rotorovom vinutí sa indukuje elektromotorická sila, ak je splnený relatívny pohyb medzi rotorom vzhľadom k točivému poľu statoru. Výstupné vinutie sa otáča. Otáčky zaťaženého motora sú vždy nižšie ako synchronné, tým pádom asynchrónne.

Pokles otáčok sa udáva ako sklz s , teda:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{\omega_1/p - \Omega}{\omega_1/p} \quad (1)$$

$$\text{kde } n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (2)$$

Pri bežnom priemyselnom kmitočte 50 Hz sú otáčky motora 3000 min^{-1} . Ak preteká statorovým vinutím prúd I_1 , vytvorí sa magnetomotorické napätie, ktoré si môžeme predstaviť ako vektor. F_{m1} , otáčajúce sa uhlovou rýchlosťou

$$\omega_1 = 2\pi \cdot f_1 \cdot \frac{1}{p} \quad (3)$$

Rotor sa otáča v rovnakom zmysle uhlovou rýchlosťou

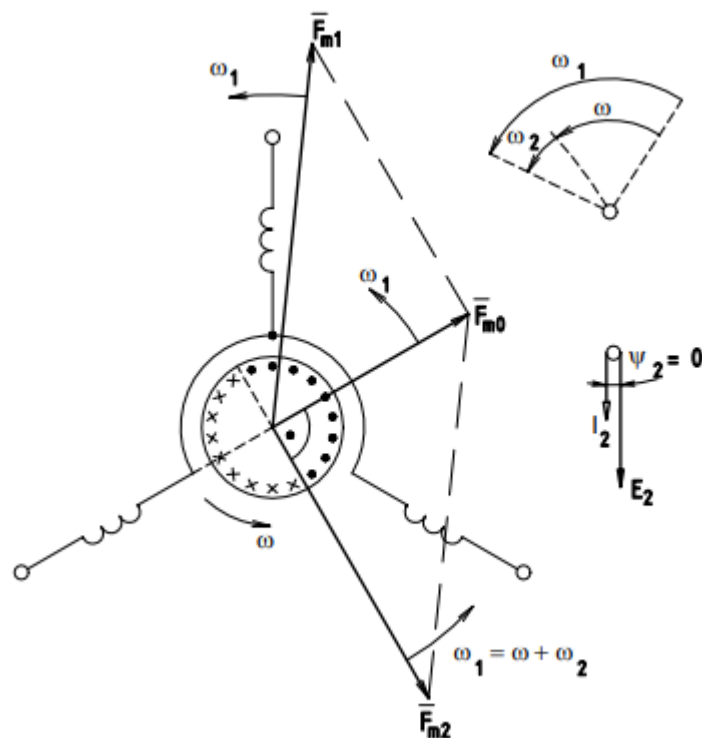
$$\omega = \omega_1 \cdot (1-s) \quad (4)$$

V tyčiach kľetky rotoru sa bude indukovať napätie o kmitočte

$$f_2 = s \cdot f_1 \quad (5)$$

Rotorovými tyčami pretekajú prúdy, ktoré vytvoria magnetomotorické napätie rotoru. Toto napätie si predstavíme ako vektor F_{m2} , ktorý sa voči rotoru otáča uhlovou rýchlosťou :

$$\omega_2 = s \cdot \omega_1 \quad (6)$$



Obr.č. 1 Vinutia rotoru a statoru dvojpolového asynchrónneho motora

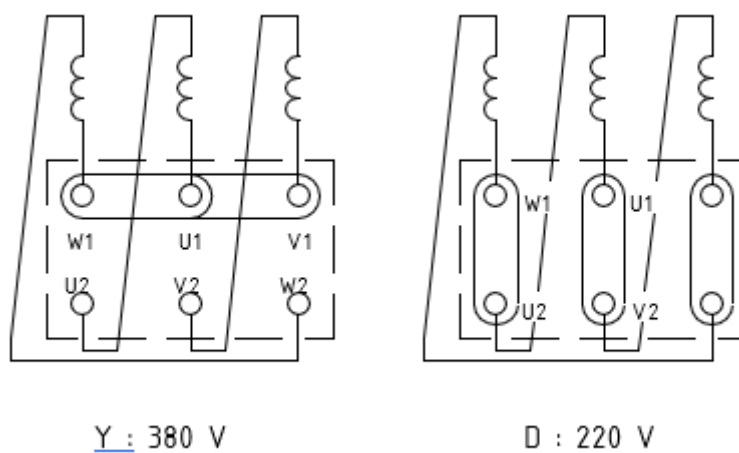
Výsledná rýchlosť F_{m2} voči statoru je rovná

$$\omega_2 + \omega = \omega_1 \cdot (1-s) + s \cdot \omega_1 = \omega_1 \quad (7)$$

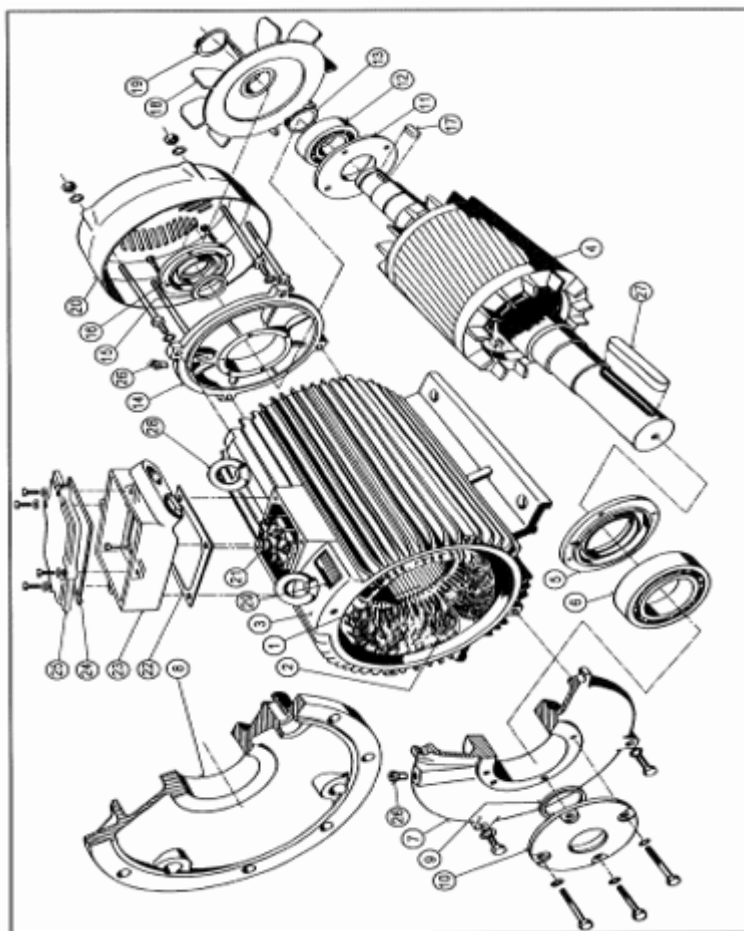
Statorové a rotorové polia sa voči sebe nepohybujú, čiže vektory magnetomotorických napätí statoru sa otáčajú konštantnou uhlovou rýchlosťou ω_1 . Asynchrónny stroj môže pracovať len pri rovnosti uhlových rýchlostí. To znamená, že stator a rotor musí mať rovnaký počet pólov, $p_1 = p_2 = p$!! Počet fáz vinutia statoru a rotoru môže byť rôzny. Súčet oboch magnetomotorických napätí vytvorí výsledne magnetomotorické napätie.

$$F_{m0} = F_{m1} + F_{m2} \quad (8)$$

Asynchrónny stroj má dve podstatné časti: stator a rotor. Stator má vinutia uložené v drážkach a pripojené k sieti. Rozoznávame rotory s kotvou nakrátko a s kotvou krúžkovou podľa prevedenia rotorového (kotvového) vinutia. Motory s kotvou krúžkovou majú rotorové vinutie uložené v drážkach a jeho vývody sú pripojené ku krúžkom na hriadieli v podstate rovnaké ako statorové. U motorov s kotvou nakrátko je rotorové vinutie prevedené z tyčí uložených v drážkach, pričom všetky tyče sú na oboch koncoch spojené nakrátko. Po krúžkoch kľžu kefy, ktoré sú na nich buď trvalo alebo len pri rozbehu motoru a potom sa vinutie spojí zkratovačom nakrátko a kefy sa dvihnú nad krúžky. Na úpravu vlastností stroja (veľkostí rozbehového prúdu, momentu a otáčok) sa pripevňuje ku kefám zariadenie na to slúžiace a to buď len po dobu rozbehu alebo trvale pri prevádzke. Magnetický obvod asynchrónneho motora je zložený z plechu z elektrotechnickej ocele obvykle o hrúbke 0,5mm. Rotor je hladký a vzduchová medzera je rovnomerná. Veľkosť vzduchovej medzery je závislá na výkone motoru a je u malých strojov niekoľko desiatín mm, kdežto u veľkých aj niekoľko mm. Konce a začiatky fázy statorového vinutia sú pripojené ku svorkovnici. Vinutie tak môže byť spojené. [1]



Obr.č. 2 Vinutie spojené do hviezdy a trojuholníka



Obr.č. 3 Jednotlivé časti motoru s kotvou nakrátko

Jednotlivé časti motoru s kotvou nakrátko v rozloženom stave môžeme vidieť na obrázku.: **1** – magnetický obvod statoru, **2- 3f** vinutie statoru, **3-** kostra motoru, **4-** magnetický obvod rotoru s kietkou nakrátko nalisovaný na hriadeľi, **5-** ložiskové viečko zadne, vnútorné, **6-** ložisko zadné, **7-**ložiskový štít zadný, **8-** prírubový ložiskový štít, **10-** ložiskové viečko zadné vonkajšie, **11-** ložiskové viečko prednej vnútorné, **12-** ložisko predné, **14-** ložiskový štít predný, **16-** ložiskové viečko predné vonkajšie, **18-** ventilátor, **20-** kryt ventilátoru, **21-** svorkovnice, **23-** kryt svorkovnice, **24-** tesnenie pod viečko svorkovnice, **25-** viečko svorkovnice, **26-** maznice, **27-** klin pre voľný koniec hriadele, **28-** závesné oko, **29-** štítok [1]

3. Základné údaje asynchrónneho stroja

Všetky základné údaje sa nachádzajú na výkonnostnom štítku stroja. Asynchrónne stroje majú na štítku stroja :

- druh stroja - asynchrónny motor alebo generátor
- druh prúdu – trojfázový alebo jednofázový
- menovitý výkon stroja [kW]
- menovité satorové napätie [V]
- menovitý satorový prúd [A]
- menovitý kmitočet [Hz]
- menovité otáčky [min^{-1}]
- menovitý účinník [-]
- spojenie satorového vinutia- Y, D
- prevedenie rotorového vinutia- Y, D
- rotorové napätie [V]
- rotorový prúd [A]
- spojenie rotorového vinutia
- druh zaťaženia: trvalé, prerušované, prerušovaný chod
- tvar stroja
- stupeň krytia stroja pred nebezpečným dotykom a pred vniknutím cudzích telies a vody IP
- druh chladenia- IC
- druh pracovného prostredia pokiaľ iné ako normálne
- trieda izolácie vinutia

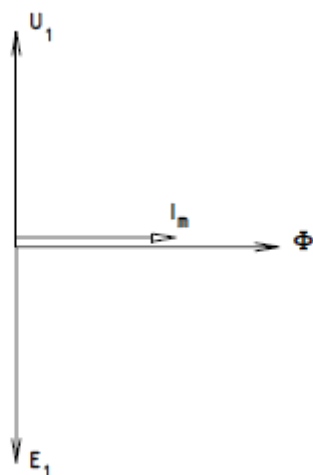
Na stroji musí byť uvedený aj smer alebo zmysel otáčania rotoru, a to vtedy, ak je určený len jeden smer otáčania. Ak sa stroj otáča pri pohľade na stranu pohonu v zmysle hodinových ručičiek, tak to znamená, že je pravotočivý. [1]

4. Funkcie a pracovné stavy asynchrónneho stroja

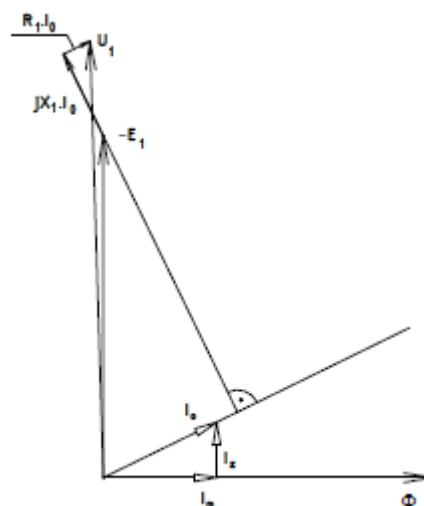
Asynchrónny stroj pracuje ako motor, generátor alebo brzda. Zameriame sa na prípad, keď stroj pracuje ako motor. Keby sa rotor otáčal synchronnými otáčkami, respektíve by sa rotor otáčal rovnako rýchlo ako magnetické pole vo vzduchovej medzere, tým pádom by nevznikol medzi rotorom a točivým magnetickým poľom relatívny pohyb, teda $s = 0$ a f_2 a vo vodičoch rotoru sa neindukuje elektromotorická sila a nepreteká ním prúd. Pre vytvorenie magnetizačného toku Φ odoberá satorové

vinutie zo siete magnetizačný prúd I_m . V prípade, že stroj nevyvíja žiadny moment, jedná sa o ideálny chod naprázdno. V skutočnom prípade však má úbytky napätia a straty v medi a železe pri tomto chode.

V prípade, že je asynchrónny motor v stave nakrátko, teda rotor sa neotáča, $n = 0$, $s = 1$. Vinutie rotoru je spojené nakrátko. Stav nakrátko sa vyskytuje na začiatku spúšťania alebo pri zastavení vplyvom preťaženia. Keďže u asynchrónneho motoru je veľký magnetický obvod, znamená to, že je taktiež veľký rozptyl. Všetok tok je takmer rozptylový pri stave nakrátko. Na indukciu elektromotorickej sily, ktorá je potrebná stačí malá časť, pretože ju potrebujeme iba na prekonanie úbytku napätia na činnom odpore vinutia a jeho reaktancií. Jedná sa o priestorovú zmenu vyvolanú točivým poľom. Aby napätie ktoré sa indukuje v rotoru vyvolalo prúd, musí mať zaťažný motor sklz, ktorý vytvorí moment motoru na hriadeľ spolu s točivým magnetickým poľom.



Obr.č. 4 Ideálny chod naprázdno



Obr.č. 5 Skutočný chod naprázdno

5. Moment asynchrónneho motoru

Točivé magnetické pole vybudené F_m pôsobí s rotorovými prúdmi a vytvára moment, ktorý otáča rotorom v smere otáčania tohto magnetického poľa. Pre určenie momentu motoru vychádzame z mechanického výkonu

$$M = \frac{P'}{\omega} = \frac{P'}{\omega_1 \cdot (1-s)} \quad (9)$$

Pretože mechanický výkon je

$$P' = P_\delta - \Delta P_{cw2} \quad (10)$$

$$P_\delta = m_2 \cdot \frac{R_2}{s} \cdot I_2^2 \quad (11)$$

Výkon vo vzduchovej medzere musí odpovedať výkonu na odporu sekundárnej vetve náhradnej schémy.

$$P_{cm2} = m_1 \cdot R_2 \cdot I_2^2 \quad (12)$$

Dosadením do vzťahu získame

$$P' = m_2 \cdot \frac{R_2}{s} \cdot I_2^2 - m_2 \cdot R_2 \cdot I_2^2 = m_2 \cdot R_2 \cdot I_2^2 \cdot \frac{1-s}{s} \quad (13)$$

Potom moment vypočítame

$$M = \frac{m_2 \cdot R_2 \cdot I_2^2 \cdot \frac{1-s}{s}}{\omega_1 \cdot (1-s)} = \frac{m_2 \cdot R_2 \cdot I_2^2}{\omega_1 \cdot s} = \frac{P_\delta}{\omega_1} = M_\delta \quad (14)$$

Točivý moment vyjadríme pomocou mechanického výkonu P' a uhlovej rýchlosti ω_2 alebo pomocou výkonu vo vzduchovej medzere P_δ a uhlovej rýchlosti točivého poľa ω_1 .

Ak zanedbáme straty v statore a bude teda platiť $P_1 = P_\delta$, potom:

$$M = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{m_2 \cdot U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2}{\omega_1 \cdot (1-s)} = C \cdot \emptyset \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 \quad (15)$$

Pretože $U_2 = 4,44 \cdot f_1 \cdot \emptyset \cdot N_2 \cdot k_{v2}$, za predpokladu stojacieho motoru je $f_1 = f_2$

Točivý moment je úmerný súčinu rotorového prúdu I_2 , toku a \cos uhlu medzi I_2 a U_{2i} . V normálnom chode a pri chode naprázdno, teda pri malých sklzoch je reaktancia rotoru malá, takže $\cos \varphi_2 = 1$, takže je $M = C \cdot I_2 \cdot \emptyset$. (16)

Ďalej môžeme odvodiť závislosť momentu, sklzu a odporu rotorového obvodu. Ako sme odvodili

$$P_{el} = s \cdot P_{\delta}. \text{ Tiež:} \quad (17)$$

$$P_{el} = m_2 \cdot R_2 \cdot I_2^2. \text{ Potom:} \quad (18)$$

$$P_{\delta} = \frac{m_2 \cdot R_2 \cdot I_2^2}{\omega_1 \cdot s}. \text{ Pretože:} \quad (19)$$

$$M = \frac{P_{\delta}}{\omega_1} = \frac{m_2 \cdot R_2 \cdot I_2^2}{s} = C \cdot \frac{R_2 \cdot I_2^2}{s} \quad (20)$$

Moment asynchrónneho motoru je teda priamo úmerný štvorcu prúdu rotoru a rotorového odporu a nepriamo úmerný sklzu. U krúžkových motorov závislosť na veľkosti odporu môžeme využiť pre reguláciu momentu.

Rovnicu pre výkon vo vzduchovej medzere môžeme vyjadriť z prepočítaných veličín rotoru na stator, teda :

$$P_{\delta} = m_1 \cdot I_2'^2 \cdot \frac{R_2'}{s}. \text{ Potom moment motoru:} \quad (21)$$

$$M = \frac{m_1 \cdot R_2' \cdot I_2'^2}{\omega_1 \cdot s}. \text{ Za prúd } I_2 \text{ dosadíme hodnotu, teda:} \quad (22)$$

$$M = \frac{m_1 \cdot R_2'}{\omega_1 \cdot s} \cdot \frac{U_i^2}{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + X_{\delta}^2} \quad (23)$$

Ak tento výraz vyjadríme pre stojací stroj, teda pre $s = 1$, dostaneme pre záberný moment M_z vzťah vyjadrený len parametrami stroja. Pri zanedbaní absolútnej hodnoty výrazu $/R_1 + jX_{\delta}/$, ktorá môže byť proti R_2'/s malá, môžeme výrazy pre prúd I_2' a moment zjednodušiť na tvar:

$$I_2' = U_i \cdot \frac{s}{R_2'} \quad (24)$$

$$M = \frac{m_1}{\omega_1} \cdot U_i^2 \cdot \frac{s}{R_2'} \quad (25)$$

Tieto rovnice platia dostatočne presne do 1,5 násobku menovitého prúdu, prípadne momentu. Maximálny moment M_{max} asynchrónneho motoru sa nazýva taktiež moment zvratu M_{zvr} a sklz, pri ktorom je moment motoru maximálny sklzom zvratu s_{zvr} . Po derivácii a úprave je

$$M_{zvr} = \frac{m_1}{\omega_1} \cdot \frac{U_i^2}{2 \cdot (R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + X_{\delta}^2})} = \frac{m \cdot U_i^2}{\omega_1 \cdot 2 \cdot X_{\delta}} \quad (26)$$

$$s_{zvr} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{\delta}^2}} = \pm \frac{R_2'}{X_{\delta}} \quad (27)$$

V týchto rovniciach platí znamienko (+) pre motor a znamienko (-) pre generátor. Tieto približne rovnice platia pri $R_1 = 0$. Z vyššie uvedených rovníc je vidieť, že moment asynchrónneho stroja je priamo úmerný štvorcu napätia a na priebeh momentu má vplyv odpor rotorového obvodu R_2 .

Moment zvratu je takisto priamo úmerný štvorci statorového napätia a nepriamo úmerný reaktancii na krátko X_δ . Z týchto rovníc ešte plyní, že veľkosť ohmického odporu v obvode rotoru neovplyvníme veľkosť momentu zvratu, ale ovplyvníme sklz zvratu. Ak určíme pomer medzi momentom motoru a jeho maximálnym momentom zvratu, dostaneme výraz:

$$\frac{M}{M_{zvr}} = \frac{2 \cdot s \cdot R'_2 (R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + X_\delta^2})}{(s \cdot R_1 + R'_2)^2 + (s \cdot X_\delta)^2} . \text{ Po úprave dostaneme :} \quad (28)$$

$$\frac{M}{M_{zvr}} = \frac{2 \cdot (1 + \varepsilon)}{\frac{s}{s_{zvr}} + \frac{s_{zvr}}{s} + 2s} . \text{ Kde:} \quad (29)$$

$$\varepsilon = \frac{R_1}{\sqrt{R_1^2 + X_\delta^2}} = \frac{R_1}{X_\delta} . \text{ Ak zanedbáme odpor statorového vinutia } R_1 = 0, \text{ rovnica sa zjednoduší :} \quad (30)$$

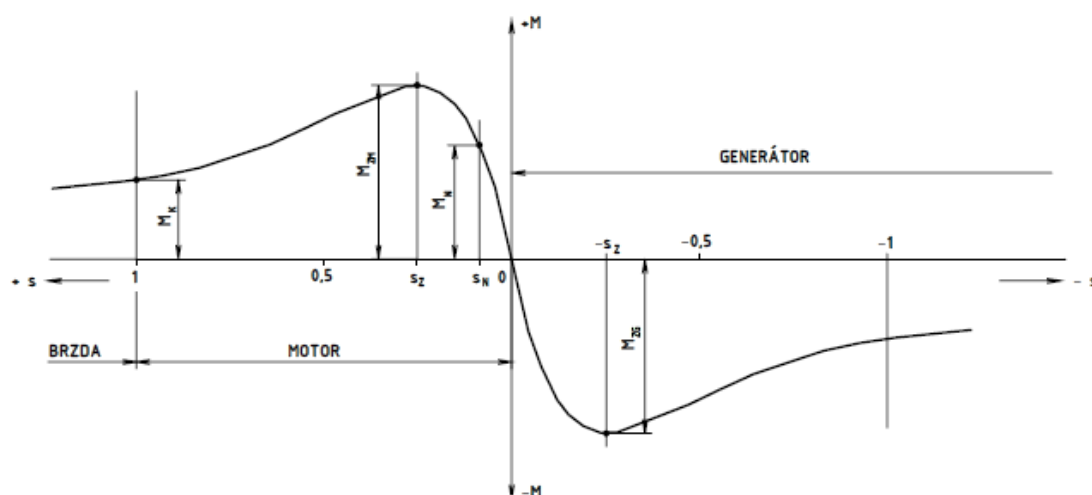
$$\frac{M}{M_n} = \frac{2}{\frac{s}{s_{zvr}} + \frac{s_{zvr}}{s}} \quad (31)$$

Posledné rovnice sa nazývajú Klossové vzťahy. Ak zavedieme v tomto výraze moment M_n , čiže menovitý moment, tým pádom môžeme vyjadriť preťažiteľnosť tohoto motoru.

$$\frac{M_{max}}{M_n} = \frac{\frac{s_n}{s_{zvr}} + \frac{s_{zvr}}{s_n}}{2} \quad (32)$$

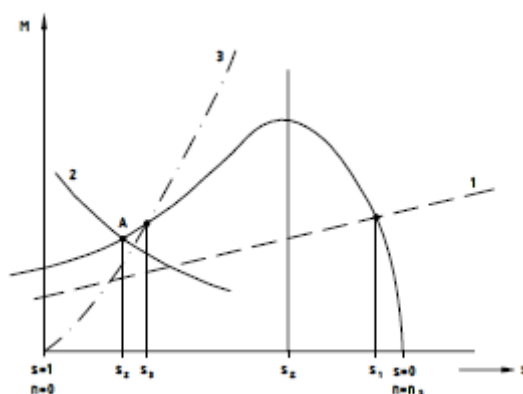
Preťažiteľnosť je závislá na konštrukcii motorov a u motorov krúžkových je v rozmedzí 1,6 až 2,5 – podľa veľkosti stroja. U motorov s kotvou nakrátko bude preťažiteľnosť až 4.

Z vyššie uvedených rovníc je platné, že všetky asynchrónne stroje majú mať priebeh točivého momentu v závislosti na sklze.



Obr.č. 6 Priebeh momentovej charakteristiky pre všetky pracovné oblasti asynchrónneho stroja

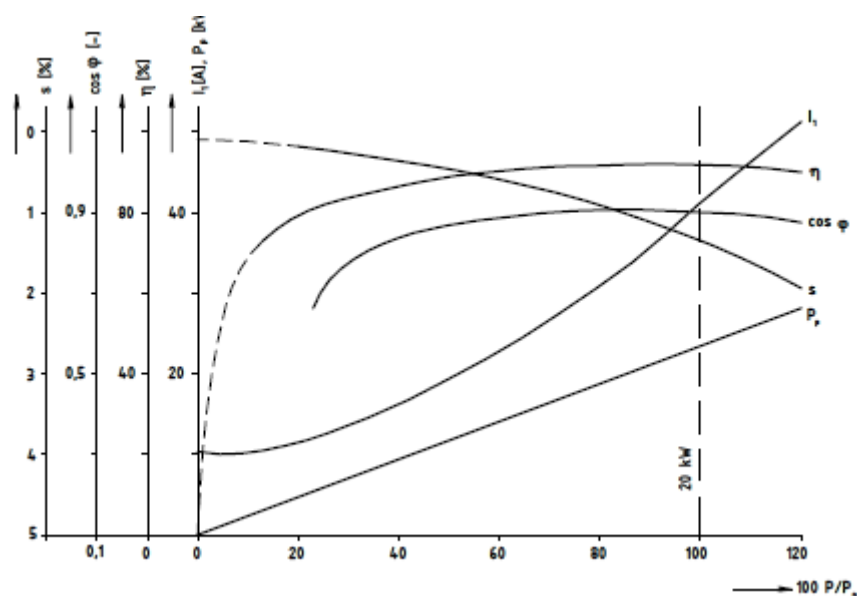
Momentová charakteristika má takzvanú vetvu stabilnú a nestabilnú. Po spúšťaní stroja sa zväčši moment otáčky. Keď dosiahne maximálny moment a otáčky, opäť klesá (teoreticky do nuly pri synchronných otáčkach). V ľavej časti (počiatočnej časti) motor nemôže pracovať stabilne, čiže ju nazývame labilná vetva. Naopak od sklzu zvratu (s_{zvr}) až po sklz rovný nule ($s=0$) sa nazýva táto oblasť stabilná.



Obr.č. 7 Priebeh momentu v závislosti na troch rôznych priebehoch zaťažovacích momentov

Keby sa časť magnetického toku neuzatvorila rozptylovými cestami, zostal by tok vo vzduchovej medzere stály a moment motoru by rástol ďalej podľa priamky. Vplyvom rozptylu sa tok znižuje. Kým je zmenšenie toku rozptylom menšie, ako zväčšenie prúdu, tak sa moment zväčšuje. Pri posudzovaní vlastností stroja a jeho vhodnosti pre dané prevádzkové podmienky vynášajú sa

prevádzkové (zaťažovacie) charakteristiky stroja. Tieto charakteristiky znázorňujú závislosť otáčok, momentu, účinníku, statorového prúdu na výkone stroja poprípadе na momentu stroja či na pomerných jednotkách momentu, či výkonu. [1]



Obr.č. 8 Tvrdé charakteristiky asynchrónneho motora

6. Základné merania asynchrónnych motorov

Trojfázové asynchrónne motory sa môžu označiť dvojitém menovitým, čiže združeným napätím napríklad 400V/230V len vtedy, ak môžu po prepojení na svorkovnici pracovať pri každom z nich.

6.1. Spúšťanie trojfázových asynchrónnych motorov a zmena zmyslu otáčania

Asynchrónny motor odoberá pri spúšťaní veľký záberový prúd, ktorého časový priebeh má skratový charakter a ktorý je obmedzený len impedanciou nakrátko. Veľkosť záberového prúdu približne 4 až 7 násobok menovitého prúdu u motorov s kotvou nakrátko a 3 až 5 násobok u motorov s kotvou krúžkovou (vinutou). Veľký pokles napätia môže vyvolať v distribučnej sieti činnosť ochrán prúdový ráz. Tento prúdový ráz má nepriaznivé dôsledky pre ostatných spotrebiteľov. Preto je snaha obmedziť tento záberový prúd na prípustnú hodnotu pri rešpektovaní dostatočne veľkého záberového momentu.

Zmenu zmyslu otáčania asynchrónneho motoru sprevádzkujeme zámenou fázy napájania.

a. Priame pripojenie asynchrónneho motoru na sieť

Je najjednoduchší a prevádzkovo najspoľahlivejší spôsob spúšťania. Prevádzkuje sa všade tam, kde je dostatočne dimenzovaná sieť. V distribučných sieťach nn je možné takto spúšťať motory približne veľkosti do 3 kW. Asynchrónne motory veľkých výkonov (až 12MW) s pripojením priamo na vysoké napätie sa v niektorých prípadoch spúšťajú aj v podnikoch (elektrárnach).

b. Spúšťanie pri zníženom napätí

Znížením napájacieho napätia môžeme obmedziť záberový prúd s prihliadnutím k dostatočnému hnaciemu momentu. V praxi, kde to nie je možné regulovať zdroj sa vrazí do privody odpory alebo tlmivky. Tým pádom napätie na motoru je nižšie pri spúšťaní než menovité. Záberový moment avšak poklesne z hodnoty M_z pri menovitom napätí na hodnotu

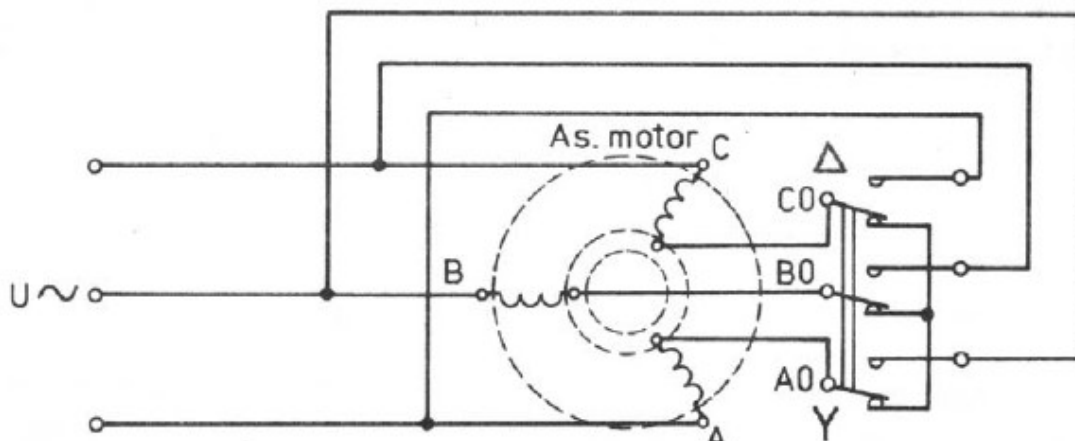
$$M = M_z \cdot \left(\frac{U_1}{U_{1n}}\right)^2 = M_z \cdot \left(\frac{I}{I_z}\right)^2 \quad (33)$$

c. Spúšťanie asynchrónnych motorov prepínaním hviezda – trojuholník

Jedným z možných obmedzení záberových prúdov pri spúšťaní asynchrónnych motorov s kotvou nakrátko stredných výkonov je prepínanie vinutia z hviezdy (rozbeh) do trojuholníka (beh). Podmienkou je, aby statorové vinutie malo vyvedené všetky začiatky a konce jednotlivých fázy a aby menovité

napätie motoru pri spojení do trojuholníku zodpovedalo napätiu siete, čiže združenej hodnote. Napätie na jednej fázy motoru je $U_s/\sqrt{3}$. Tomu zodpovedajú prúdy vo vinutí fázy $I_y/I_\Delta = 1/\sqrt{3}$ a v prívodoch k motoru $1/(\sqrt{3} \cdot \sqrt{3})$. Sieťový prúd poklesne pri spúšťaní do hviezdy na 1/3 hodnoty, ktorú by mal pri spúšťaní do trojuholníku. Taktiež v rovnakom pomere sa zmenia aj záberové momenty $M_y/M_\Delta = 1/3$.

Spúšťanie týmto spôsobom sa realizuje hlavne pomocou stykačov s prepínačmi.

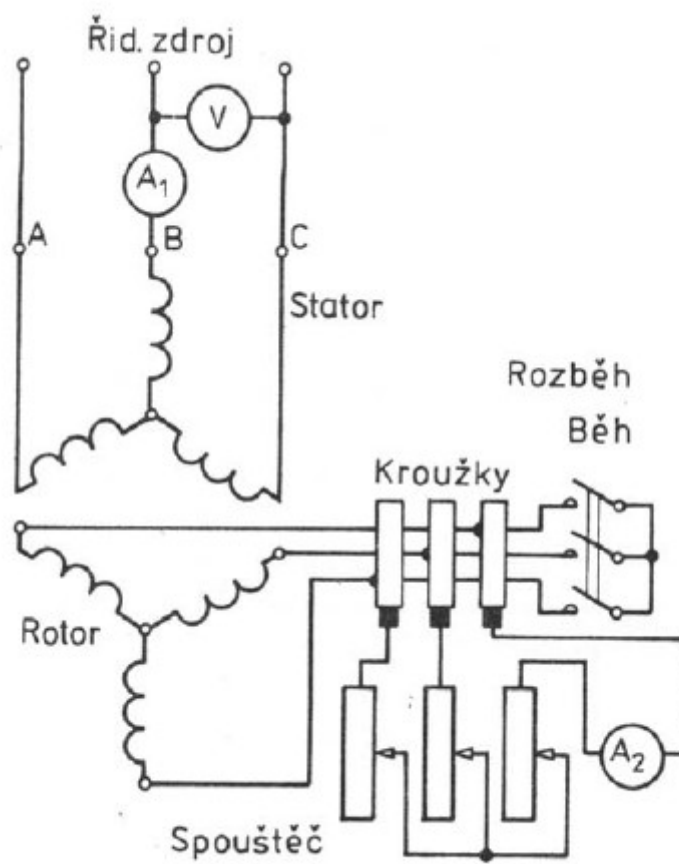


Obr.č. 9 Princíp spustenia asynchrónneho motoru prepínaním Y-Δ

V spodnej polohe počas spustenia musí byť prepínač satorového vinutia. Konce vinutia sú zapojené do uzla (vinutia hviezdy). Potom sa pripojí sieť a ak sa motor výrazne rozbehne, dá sa prepínač do hornej polohy (vinutie trojuholníku) .

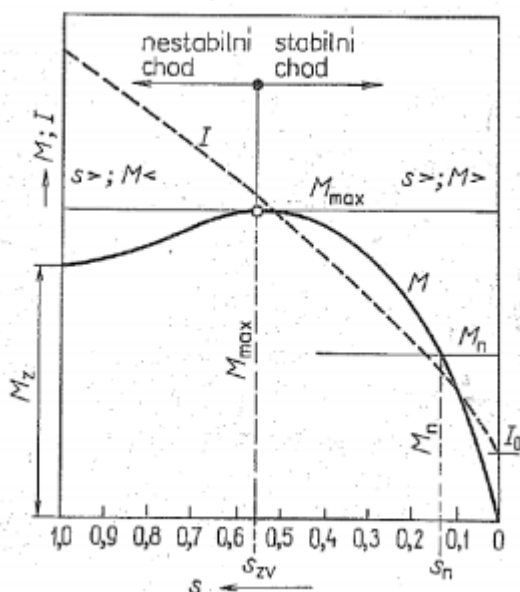
d. Spúšťanie asynchrónnych motorov s kotvou vinutou (krúžkovou)

U týchto motorov sa obmedzuje záberový prúd zaradením odporníku (spúšťáča) do rotorového obvodu. V nasledujúcom prípade je trojfázové vinutie vyvedené na krúžky a cez kefy spojené so spúšťacím odporom. Treba sa presvedčiť, či je spúšťáč v základnej polohe ešte pred pripojením a páka odklápača kief v polohe rozbehu. Po pripojení na sieť odpor postupne zmeňujeme pri sledovaní satorového prúdu na ampérmetru a po rozbehu sa dá páka odklápača do polohy behu, čiže sa na krúžkoch spojí vinutie rotoru nakrátko a kefy odklopíme. [2]



Obr.č. 10 Schéma zapojenia asynchrónneho motoru s kotvou vinutou

6.1.1. Momentová charakteristika asynchrónneho motoru



Obr.č. 11 Momentová charakteristika asynchrónneho motoru

Závislosť je vynášaná v rozsahu sklzu $s = (1 - 0)$, tento rozsah zodpovedá rozsahu otáčok $n = (0 - n_1)$. Tu sa vyznačí menovitý moment M_n , ktorý odpovedá menovitým otáčkam a maximálnemu momentu M_{max} . A ten odpovedá sklzu zvratu s_{zv} . Keď je sklz väčší ako sklz zvratu ($s > s_{zv}$) nemôže motor pracovať. [3]

6.1.2. Meranie momentovej charakteristiky pomocou zotrvačníku

Pri meraní momentovej charakteristiky pomocou dynamometru trvá meranie značne dlho. Behom merania dochádza ku zvyšovaniu teploty vplyvom narastajúceho prúdu, tým pádom aj ku zvyšovaniu odporu vinutia behom merania. Táto zmena odporu spôsobí deformáciu meranej charakteristiky. Z toho vyplýva, že nikdy nemôže vypočítaná charakteristika súhlasiť s tou nameranou. Môžeme merať momentovú charakteristiku aj klasickým spôsobom za pomoci dynamometru. Táto metóda sa nazýva statická metóda merania alebo môžeme merať momentovú charakteristiku dynamickým meraním, to znamená meranie pri ktorom je teplota vinutia takmer konštantná, takže odpory vinutia sú behom celého merania konštantné. [4]

6.1.3. Statická metóda merania

Meranie pomocou tejto metódy trvá relatívne dlho. Vplyvom narastajúceho prúdu dochádza k prudkému zvyšovaniu teploty vinutia pri meraní od bodu naprázdno do bodu merania nakrátko. Prúd nakrátko dosahuje dokonca 5 násobku menovitého prúdu. Straty Jouleove dosahujú až 25 násobku. Motor môže pracovať len niekoľko sekúnd v oblasti veľkých sklzov. Vo vnútri vinutia sa teplota zvyšuje rádovo až o 100K, to má následok nárastu odporu vinutia až o 30%. Z tohto extrémneho nárastu teploty by mohlo dôjsť pri dlhšom meraní k jeho poškodeniu. Tvar momentovej charakteristiky je veľmi závislý na odporoch vinutia a na ich zmene v priebehu celého merania v dôsledku oteplenia. Z tohto dôvodu nemôže nikdy tvar momentovej charakteristiky súhlasiť s teoreticky vypočítanou. Tento spôsob merania ma nevýhodu v značnej presnosti, s ktorou sa dá určiť maximá aj minimá momentových sediel. Medzi ďalšiu nevýhodu patrí, že sa zistí len priemerný stredný moment, tento moment nevyhovuje pre určenie vhodnosti v prípade moderných pohonov s reverzáciou. [4]

6.1.4. Dynamická metóda merania

Pri tejto metóde merania sa začleňuje nasledujúci postup: Na hriadeľ stroja, na ktorom sa meria je pripevnený zotrvačník s vhodným momentom zotrvačnosti J . Stroj je pripojený na napájaciu sieť priamo cez stykač. To znamená, že motor sa rozbehne z nulových otáčok cez menovité až po otáčky takmer synchronne. Aby doba rozbehu motoru t_{max} bola buď väčšia alebo rovná dvom sekundám, musí byť správne zvolený moment zotrvačnosti. Zaisťujeme tým, že počas celého rozbehu bude teplota vinutia konštantná, takže aj odpory vinutia budú konštantné behom celého merania. [4]

7. Meranie momentovej charakteristiky akceleračnou metódou

V tejto časti je opísaná metóda merania momentovej charakteristiky akceleračnou metódou. Bežne nameraná momentová charakteristika asynchrónneho motoru je zaťažená relatívne veľkou chybou spôsobenou hlavne z dôvodu:

-Moment zvratu sa posúva ku sklzu jedna. Je to spôsobené hlavne vplyvom rotorového odporu behom merania, to znamená rastom teploty rotorového vinutia.

-Poklesom momentovej charakteristiky. Je to spôsobené rastom statorového odporu behom merania.

Ak chceme eliminovať vplyv teploty na tvar momentovej charakteristiky, musíme merať vždy len jediný bod momentovej charakteristiky. Ak chceme merať ďalší bod, je potrebné nechať vychladnúť motor a merať ďalší bod. Tento spôsob je ale veľmi náročný časovo a je pri ňom dôležité veľmi rýchle nastavenie zaťažovacieho momentu na dynamometru. Tento problém aj naďalej pretrváva u moderných dynamometrov, ktoré merajú momentovú charakteristiku stroja automaticky. Je to spôsobené tým, že aj

tu behom rozbehu merania nejde zaistiť konštantnú teplotu vinutia. Je však možné merať momentovú charakteristiku pomocou akceleračnej metódy, ktorá behom merania celej momentovej charakteristiky zahrieva vinutia stroja minimálne. Navyše sa dá ľahko určiť vzniknuté oteplenie. [5]

7.1 Princíp akceleračnej metódy

Behom akceleračnej metódy je motor rozbehnutý z nulovej rýchlosti úplne naprázdno. Sú merané napätie a prúdy a rýchlosť behom jeho rozbehu. Moment motoru je určený zo zrýchlenia stroja a celkového momentu zotrvačnosti, ktorý je urychlovaný. To, že rýchlosť motoru je meraná veľmi presne, pretože je z nej vypočítané zrýchlenie a následne aj moment je základným predpokladom tejto metódy.

Na základe dynamickej rovnice sa vypočíta moment motoru M .

$$M(t) = J \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt} + M_z[\omega(t)] \quad (34)$$

V prípade, že na hriadelí stroja nie je ani ventilátor, to znamená motor v stave naprázdno, môžeme zaťažovací moment zanedbať. Postačí, ak uvažujeme, že zaťažovací moment je konštantný, čiže nezávislý na rýchlosti. Takže tento konštantný zaťažovací moment stačí pričítať k vypočítanému dynamickému momentu, aby sme dostali skutočný moment motoru.

Počas rozbehu asynchrónneho motoru dochádza vo vinutí stroja k veľmi malým prechodovým javom, ktoré sú spôsobené elektromechanickými interakciami, to znamená, že každý motor je kmitavá sústava druhého rádu. Tieto interakcie veľmi zhoršujú meranie a menia tvar momentovej charakteristiky. Je veľmi podstatné a dôležité predĺžiť dobu rozbehu motoru pre potlačenie týchto prechodových javov. Je to možné doceliť práve dvoma spôsobmi:

7.1.1. Meranie za zníženého napätia

Pri tomto spôsobe predĺženia doby je potrebné iba dostatočne dimenzovaný regulovateľný striedavý zdroj. Čo je nevýhodou tejto metódy je to, že je potrebné poznať presnú závislosť momentu a prúdu na napätí. Je to preto, že vplyvom nelinearity magnetického obvodu asynchrónneho motoru, nie je táto závislosť kvadratická, čiže nie je lineárna. [5]

7.1.2. Meranie pomocou prídavných zotrvačníkov

Pri tomto spôsobe predĺženia doby zanikajú nedostatky metódy za zníženého napätia. Pri tejto metóde je nevýhodou, že je treba priamo cez hriadel, respektíve spojku pripojiť k motoru externý zotrvačník o známom momente zotrvačnosti.

Celkový moment zotrvačnosti je daný vzťahom:

$$J = J_{rotor} + S \cdot J_{zotr} \quad (35)$$

Je potrebné si uvedomiť, že vypočítaný priebeh momentu na základe dynamickej rovnice je v časovej oblasti, to znamená, že sa nedá porovnávať priamo vypočítané charakteristiky (body) v rovnakom časovom okamihu. [5]

7.2. Zaznamenanie a spracovanie dát

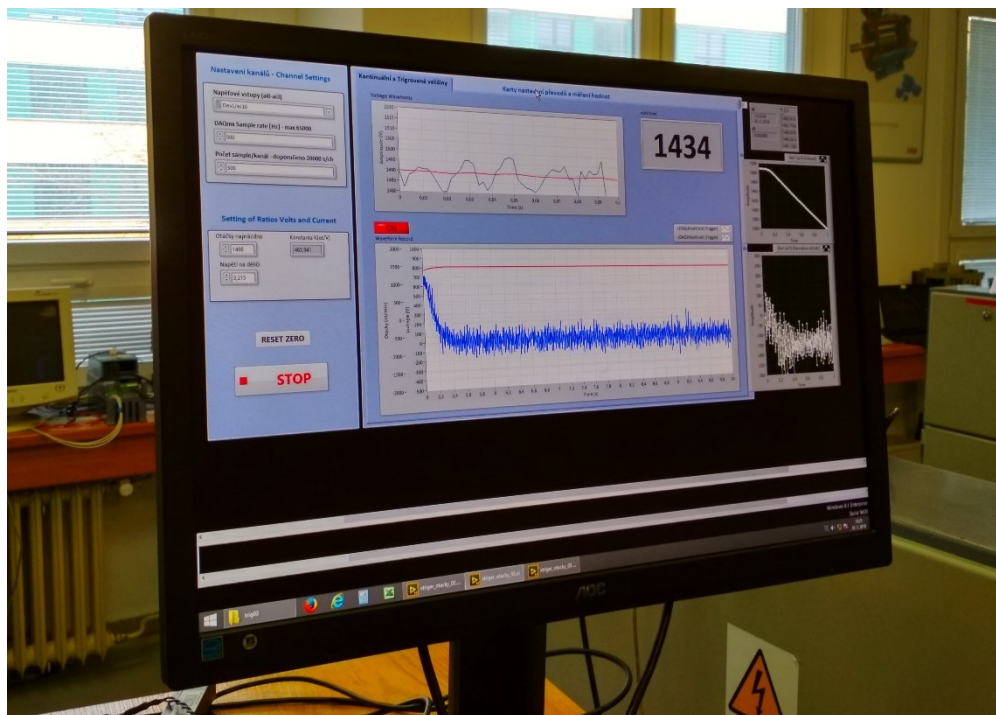
Pri akceleračnej metóde musíme uvažovať s hlavným nedostatkom a to veľmi presne merať a zaznamenávať priebeh rýchlosti motoru behom jeho rozbehu. Aby sme dostali potrebné zrýchlenie motoru a vďaka nemu moment motoru, nastáva požiadavka numerickej derivácie priebehu otáčok. Táto požiadavka sa dá eliminovať do značnej miery kvalitným spracovaním zmeraných dát.

Je podstatné spomaliť priebeh stroja a v tomto prípade sa mali použiť zotrvačníky, na ktorých by sme museli nastaviť váhu zotrvačnickov tak, aby pri rozbehu stroja nedošlo k nadmernému otepleniu, pretože výhodou akceleračnej metódy je ten, že meriame motor za studeného stavu, ktorý sa nestačí oteplieť. Ak by bola hmotnosť zotrvačnickov príliš veľká, motor by sa zahrieval a vznikali by úbytky napätia na vinutí a motor už nemá to menovité napätie, ktoré by mal mať.

V tomto prípade sa meralo za zníženého napätia bez prídavných zotrvačnickov. V správnosti by sa malo merať pri menovitom napätí, avšak rozbeh je taký rýchly, že by sa to nedalo odčítať.

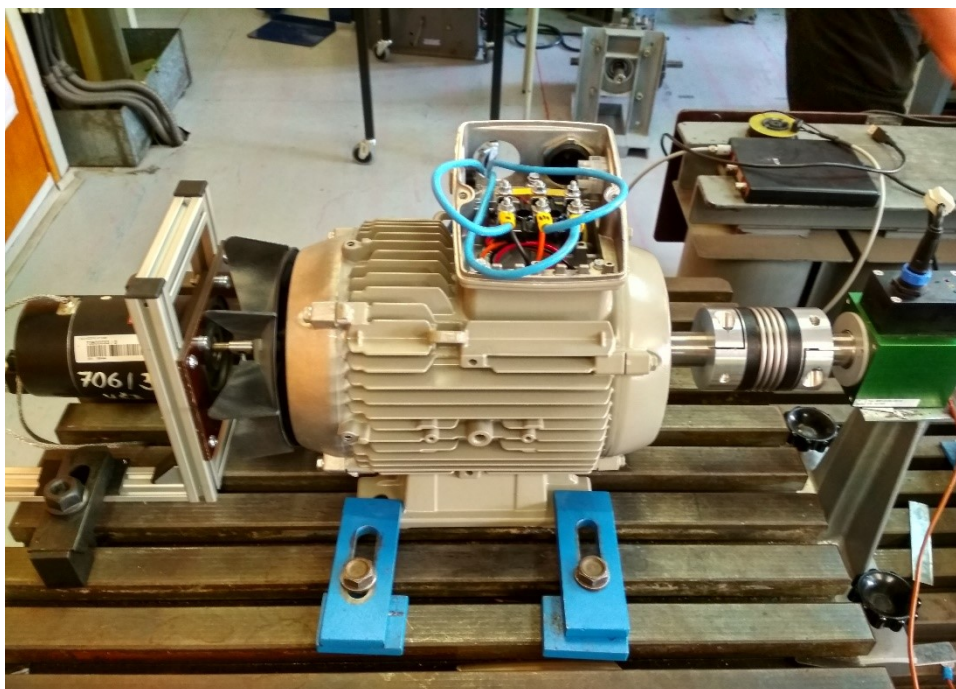
Pre zaznamenanie a vykreslenie dát sa použila meracia karta spolu s programom Labview. Tento program už dokázal zderivovať otáčky, avšak výsledný priebeh je podstatne zašumený. Na odstránenie tohto šumu sa použil software Origin, ktorý slúži na analýzu dát a grafov. V tomto programe som otáčky zderivoval a následne som ich vyhladil a vyniesol do grafu pre jednotlivé merania. V tomto prípade sa meral asynchrónny motor a otáčky so zlou rotorovou tyčou pri dvoch napätia 100V a 150V. Následne sa meral rovnakým spôsobom asynchrónny motor so správnou funkčnosťou a bez vady na rotorovej tyči.

Popis prostredia LabVIEW – Je programovacie a vývojové prostredie (z angl. Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench), čiže laboratórne pracovisko virtuálnych prístrojov. Prostredie LabVIEW je vhodné k programovaniu systémov pre meranie a analýzu signálov, riadenia a vizualizácií technologických procesov rôznej zložitosti. Hlavným cieľom virtuálnej inštrumentácie je nahradiť časovo náročné využitie technických prostriedkov (hardware) riešením virtuálnym za prispievania programových prostriedkov a hlavne potom grafickými a vizuálnymi prostriedkami a sprostredkovať tak užívateľovi maximálnu názornosť.

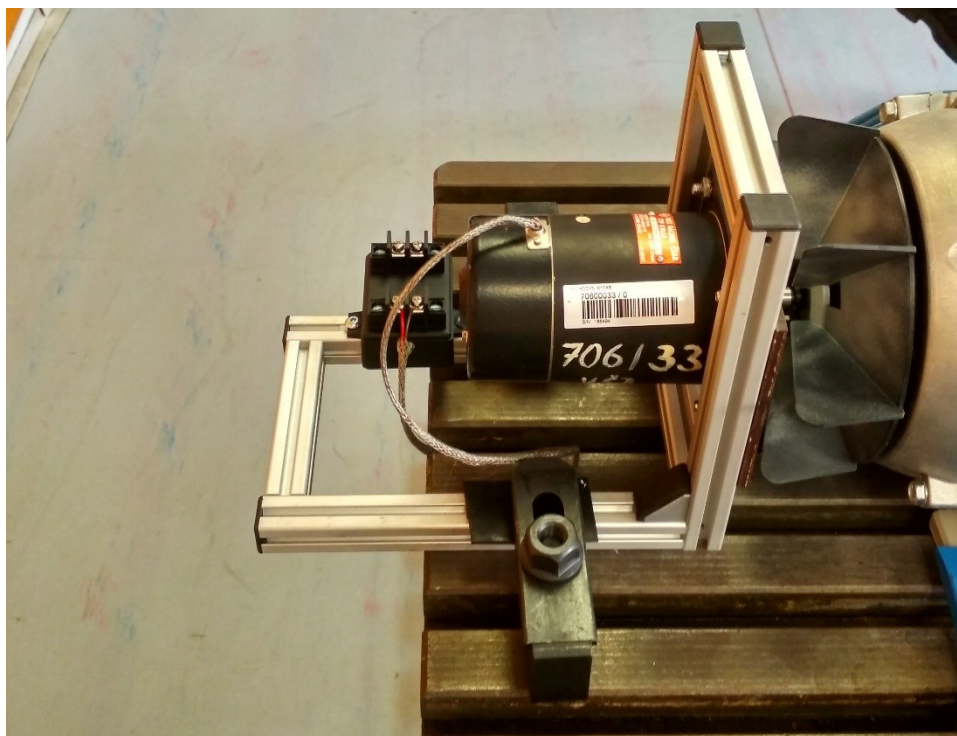


Obr.č. 12 Priebeh prúdu a zderivovaných otáčok v programu LabVIEW

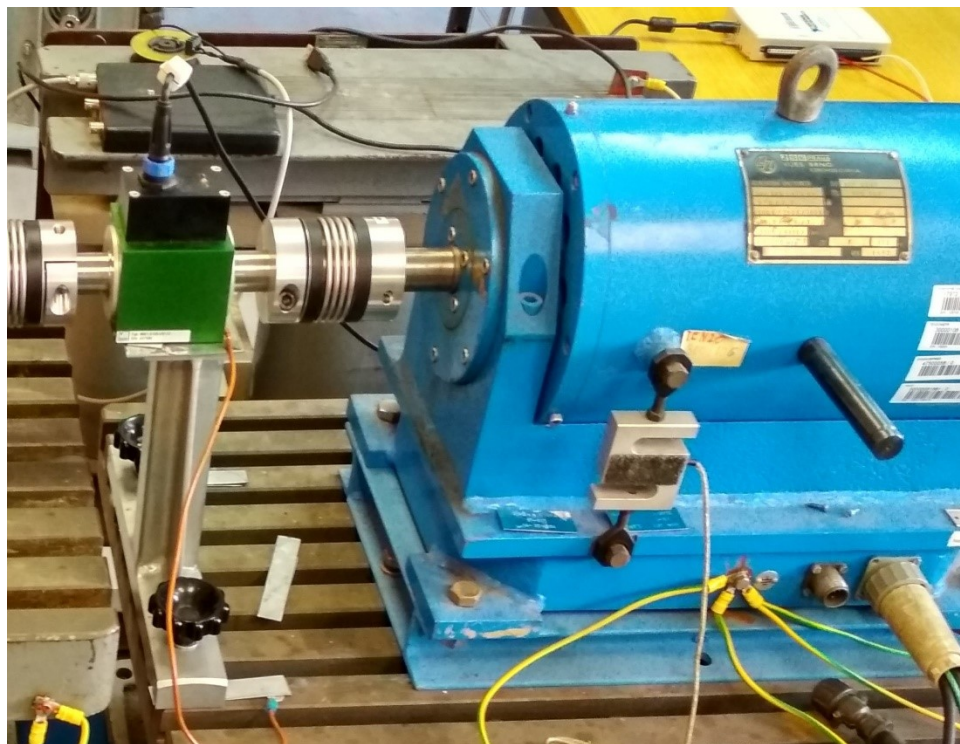
7.3. Popis pracoviska



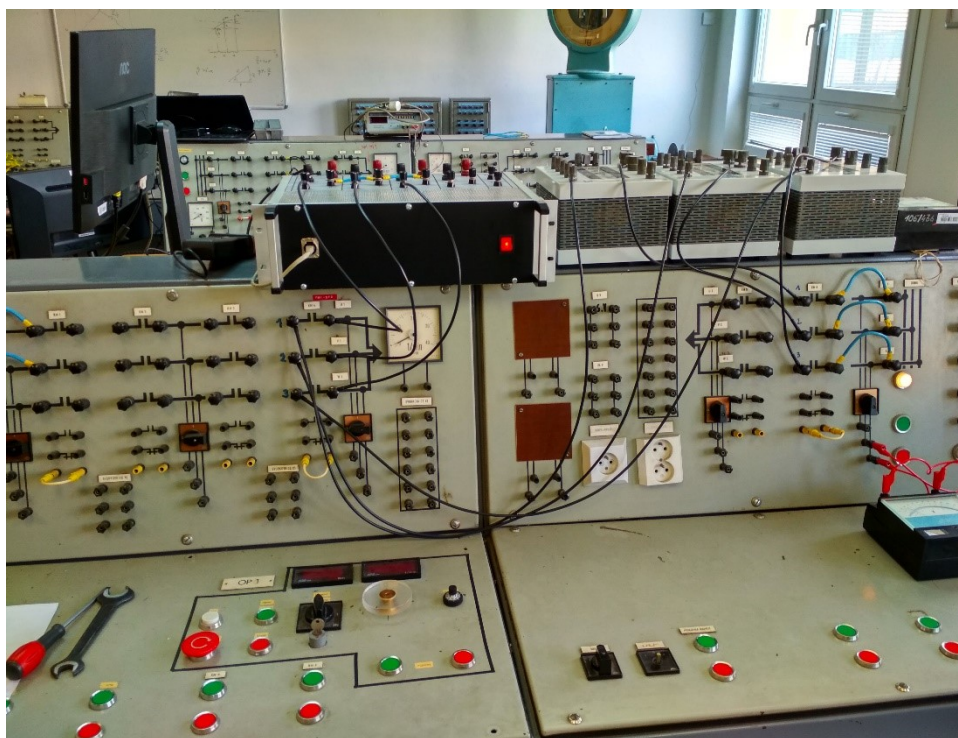
Obr.č. 13 Asynchronný motor s dynamometrom



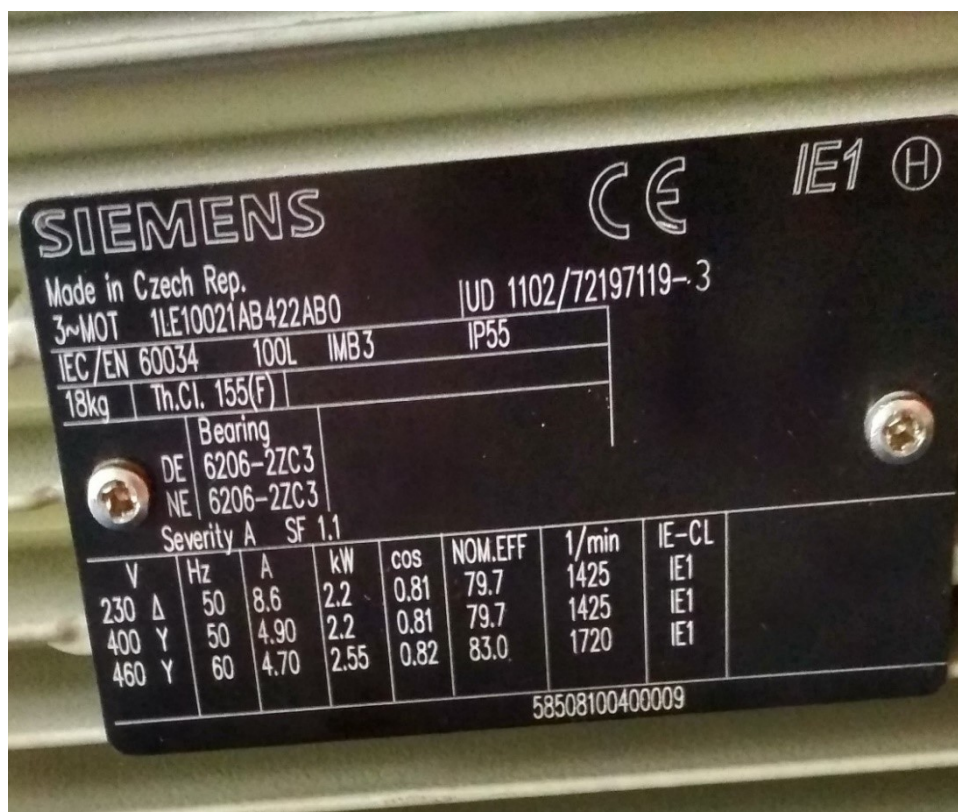
Obr.č. 14 Dynamometer



Obr.č. 16 Tachodynamo



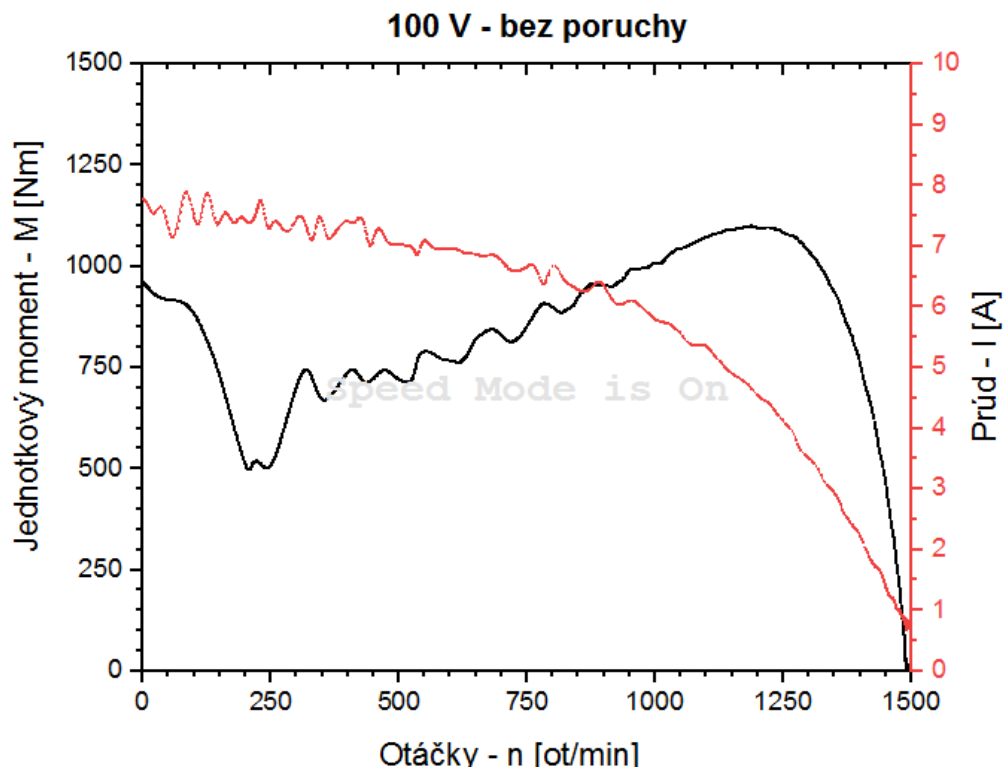
Obr.č. 15 Merací a ovládací pult a meracie transformátory prúdu



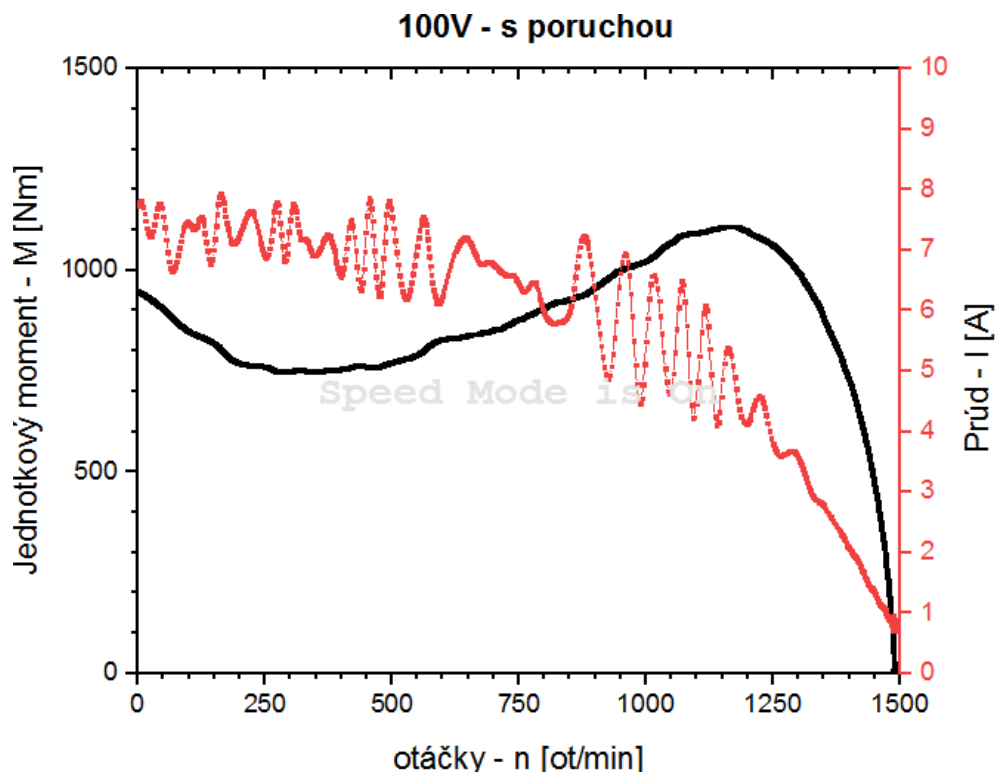
Obr.č. 17 Štítok asynchrónneho motora - Siemens

7.4. Výsledne spracovanie dát

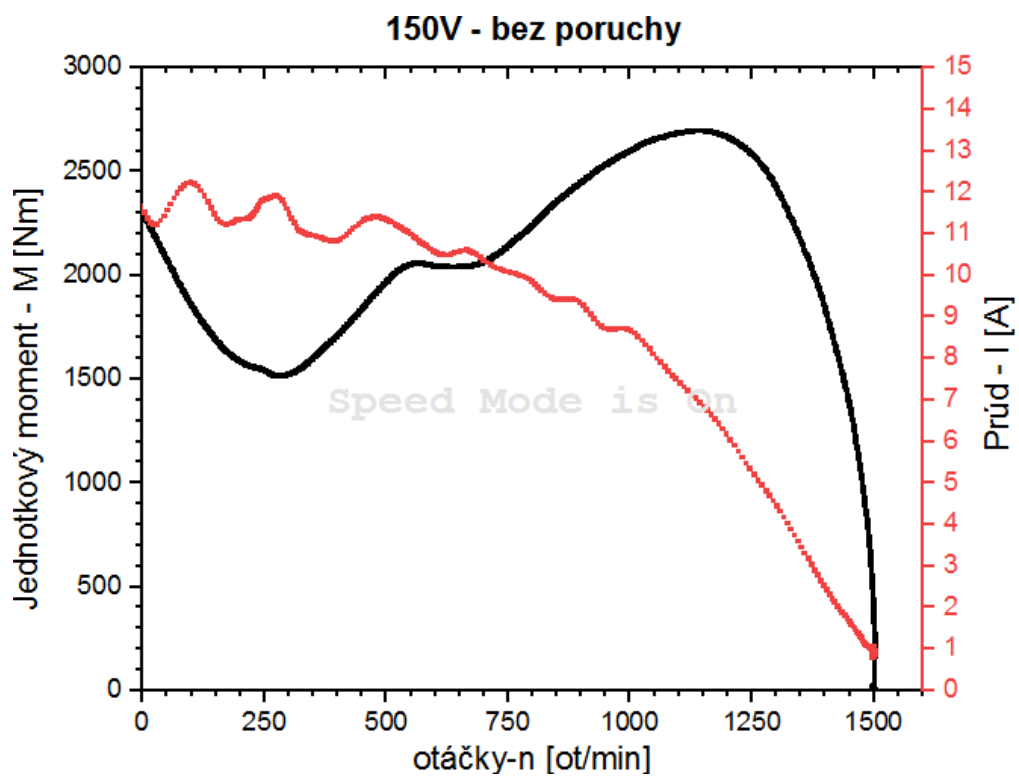
Meranie sa prevádzkovalo za dvoch napätí. Zaznamenávali sa otáčky a prúd pri napätí 100V a 150V za chodu so zlou rotorovou tyčou a s motorom bez poruchy. Výsledné otáčky dokázalo prostredie programu LabVIEW už zderivovať, avšak otáčky sú príliš zašumené, preto sa použil program Origin Pro, ktorý dokázal práve tento šum vyhladiť. Pre názornosť priebehu otáčok pred nulou sú doložené aj priebehy do -500 ot/min. Čiže keď sa motor točil do proti otáčok. Vypol sa dynamometer, motor sa začal brzdiť a pretáčať. V prípade že by sa motor zapínal priamo z nuly, tak sa budú v priebehu ešte vyskytovať rôzne elektromechanické konštanty a prechodové deje, ktoré sú nežiadúce. Postupovalo sa nasledujúco kvôli tomuto významu.



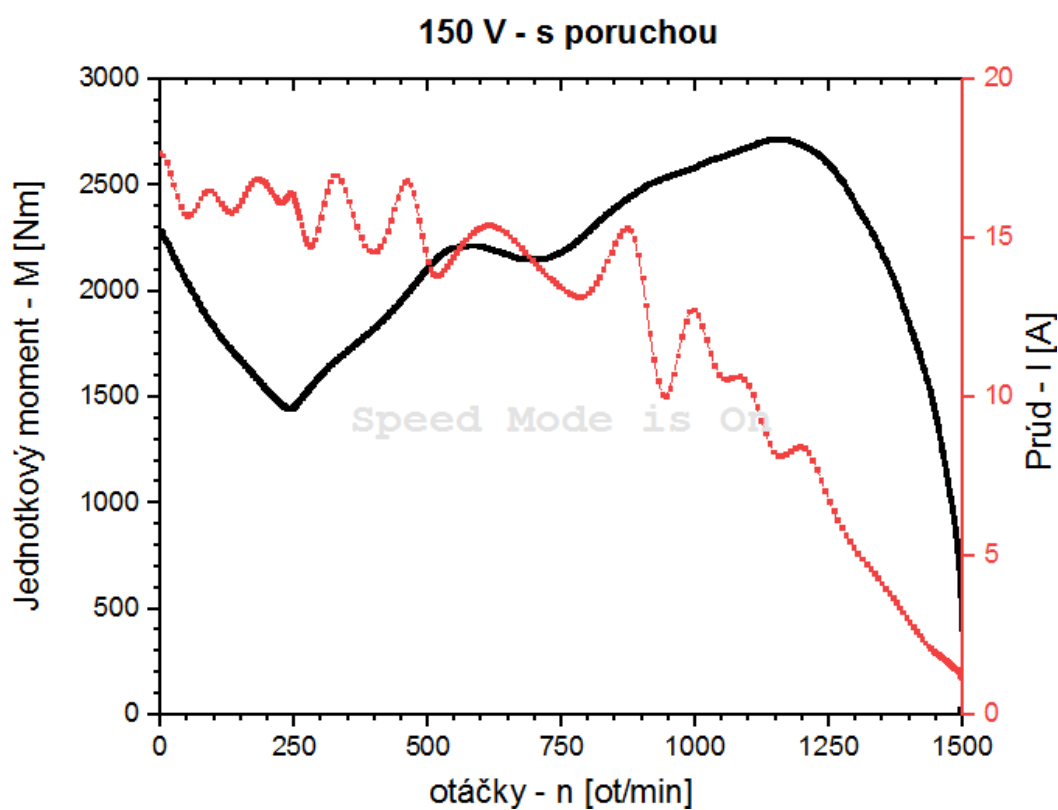
Obr.č. 19 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 100V – motor bez poruchy



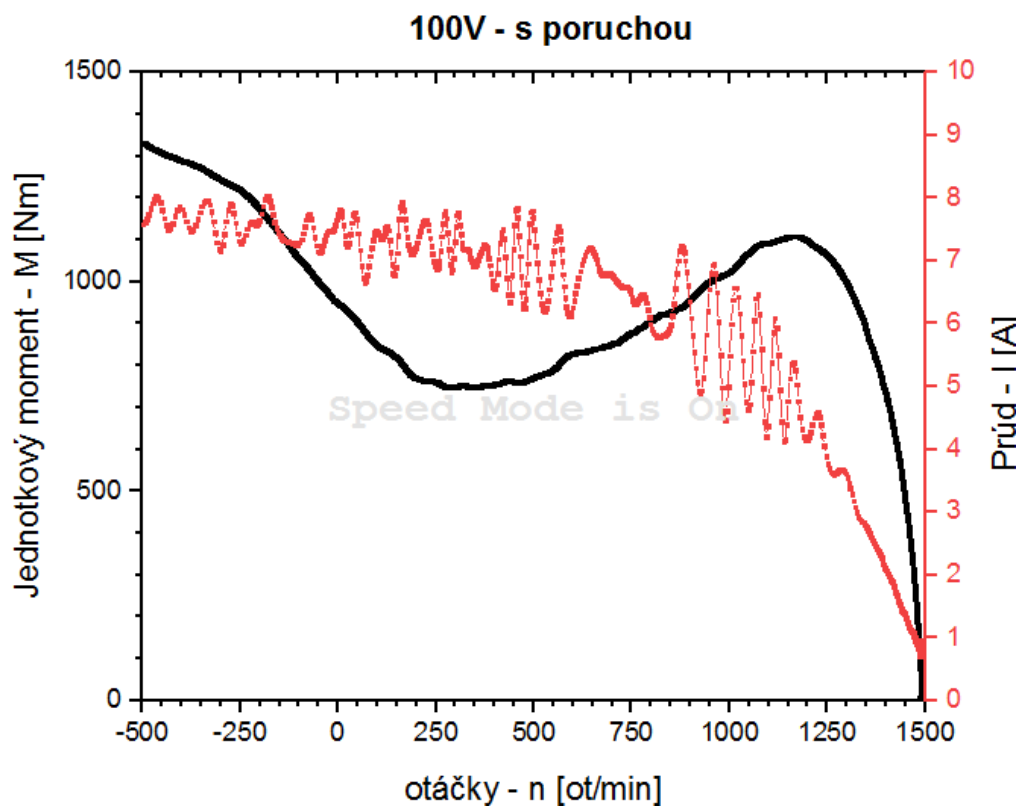
Obr.č. 18 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 100V – motor s chybnou rotorovou tyčou



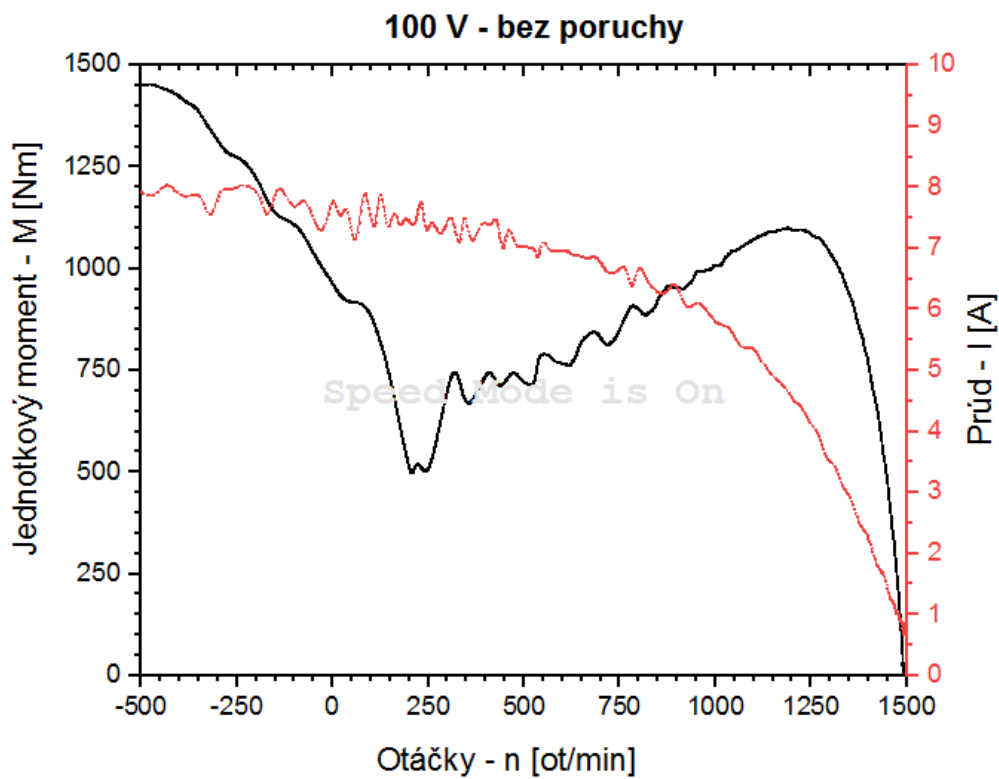
Obr.č. 21 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 150V – motor bez poruchy



Obr.č. 20 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 150V – motor s chybnou rotorovou tyčou



Obr.č. 23 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 100V – motor s chybou – od -500 ot/min



Obr.č. 22 priebeh prúdu a vyhladených otáčok pri 100V – otáčky od -500 ot/min

Záver

Cieľom tejto práce bolo zmerať momentovú charakteristiku asynchrónneho motora akceleračnou metódou a objasniť túto metódu.

Na začiatku práce bol rozobraný teoretický rozbor a popis asynchrónneho motoru. Nasledovala analýza možností merania momentovej charakteristiky asynchrónneho motora a následne aj realizácia merania akceleračnou metódou na vybranom asynchrónnom motoru.

Podarilo sa mi splniť všetky body zadania. V mojom prípade som nemal možnosť sprostredkovať meranie za pomoci prídavných zotrvačiek, ktoré by spomalili rozbeh asynchrónneho motoru. Ako náhradu sa použil dynamometer.

Aby som mohol zmerať momentovú charakteristiku potreboval som vhodný software, ktorý by mal možnosť derivácie a následne by potlačil šum vzniknutý touto deriváciou a následne vykreslil momentovú charakteristiku.

Kvôli záznamu hodnôt som potreboval software, ktorý by tieto okamžité parametre motoru zaznamenával za pomoci meracej karty, dynamometra, tachodynamu a kliešťového ampérmetru.

Meranie som sprostredkoval za pomoci môjho garanta pri dvoch rozdielnych napätiach najskôr pri motoru so správnou funkčnosťou a následne sa obmenil za chybný motor, konkrétne so zlou rotorovou tyčou. Meranie sa zaobišlo bez menších komplikácií a metodika merania bola správna.

Programu Origin Pro som využil k vykresleniu momentovej charakteristiky pri derivácii a následne vyhladenie šumu numerickej derivácie otáčok. Vďaka tomu som dostal približnú momentovú charakteristiku daného motoru.

V budúcnosti by som sa rád k tomuto vrátil a sprevádzkoval toto meranie aj za podpory prídavných zotrvačiek.

Zdroje

[1] *Stroje XXX* [online]. 2012 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z:

<https://homel.vsb.cz/~ber30/stroje/AMaSMstroje.pdf>

[2] *ZÁKLADNÍ MĚŘENÍ ASYNCHRONNÍCH MOTORŮ* [online]. [cit. 2019-04-21].

Dostupné z: <https://docplayer.cz/17617322-8-zakladni-mereni-asynchrnich-motoru.html>

[3] *FEM simulace momentové charakteristiky asynchronního motoru* [online]. 2017 [cit. 2019-04-21]. Dostupné z:

https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/119156/ZAT0046_FEI_N2649_3907T001_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=n

[4] *TRAKČNÍ POHONY S ASYNCHRONNÍM MOTOREM* [online]. 2017 [cit. 2019-04-21]. Dostupné z:

https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=69553

[5] *MODERNÍ MATEMATICKÉ METODY SYNTÉZY A ANALÝZY STŘÍDAVÝCH STROJŮ* [online]. Brno, 2012 [cit. 2019-04-21]. Dostupné z:

https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=49189

